Aula 8 - Resposta no Domínio Tempo de Circuitos RLC Paralelo

Sumário

- Circuitos RLC com operações de chaveamento;
- Resposta de circuitos RLC paralelo a onda quadrada.

Circuitos RLC com Operações de Chaveamento

São apresentadas abaixo algumas observações importantes sobre circuitos com capacitores e indutores com operações de chaveamento.

1. Mesmo que seja pedida apenas uma corrente no indutor ou apenas uma tensão no capacitor ou mesmo somente a tensão no resistor, deve-se calcular para $t = t_{0_+}$ todas as correntes em todas as indutâncias e todas as tensões em todas as capacitâncias.

2. Ao fechar alguma chave, verifique se não houve tensões ou correntes impulsivas capazes de alterar instantâneamente os estados de energia nos indutores e capacitores. Em especial, nos casos vistos na Fig. 1, é preciso redistribuir cargas/fluxos.

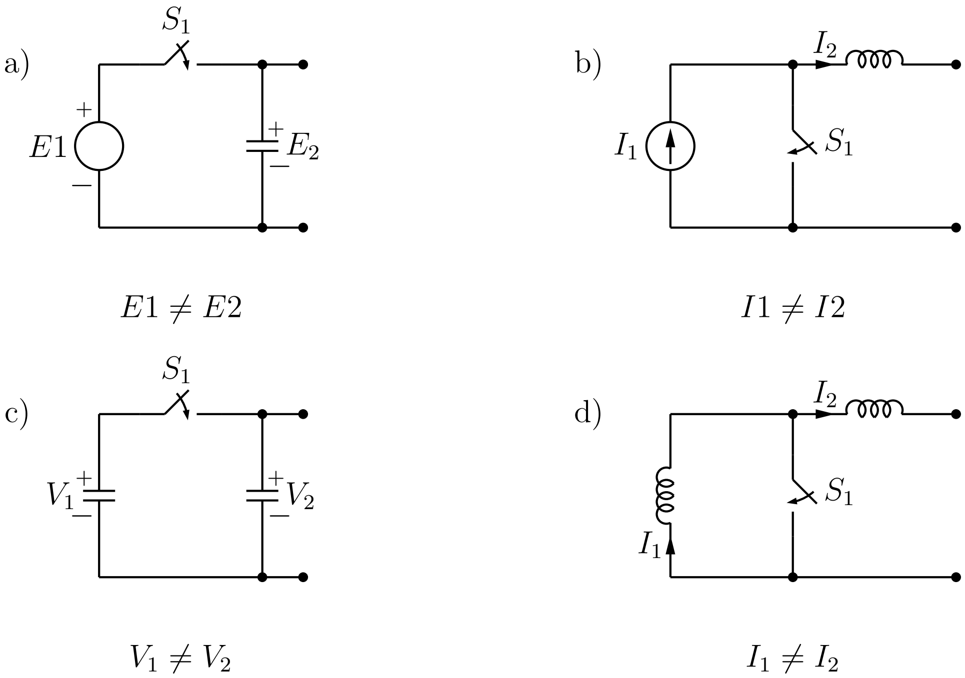


Figura 1: Situações de chaveamento: a) e c) capacitor carregado, b) e d) indutor carregado.

3. Deve-se calcular o circuito por intervalos (entre acionamentos) sempre determinando as correntes nas indutâncias e as tensões nos capacitores, imediatamente antes ($t \leq t_{0_-}$) e depois ($t \geq t_{0_+}$) do acionamento.

4. Lembre-se que:

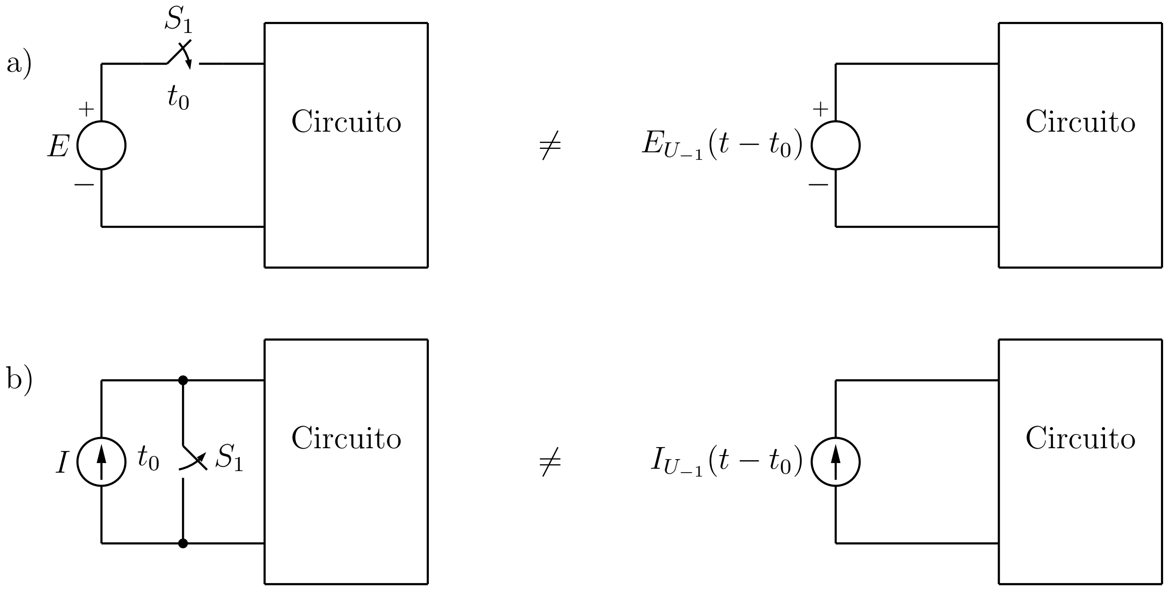


Figura 2: Chaveamento com fontes de tensão e corrente.

5. Caso existam excitações que atuem (ou iniciem) em tempos diferentes, pode-se optar: fazer como descrito no item 3 (por intervalos) ou por superposição.

Resposta de Circuitos RLC Paralelo a Onda Quadrada

A resposta de um circuito RLC paralelo a uma onda quadrada de amplitude V_{PP}, como visto na Fig. 3, será descrita a seguir.

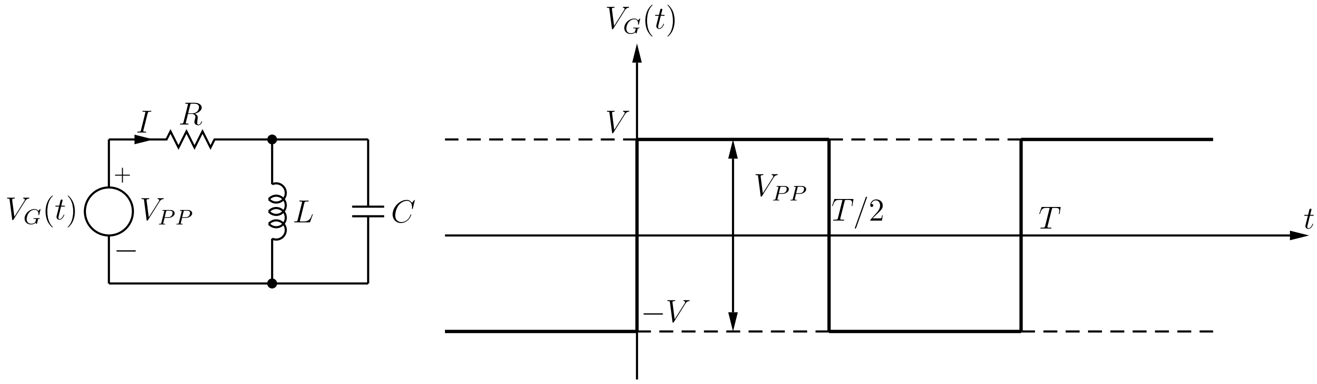
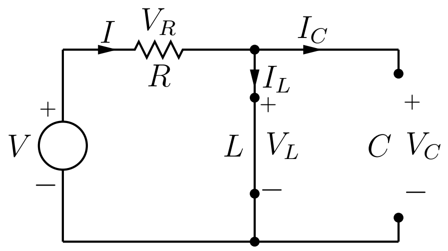


Figura 3: Circuito RLC paralelo e onda quadrada.

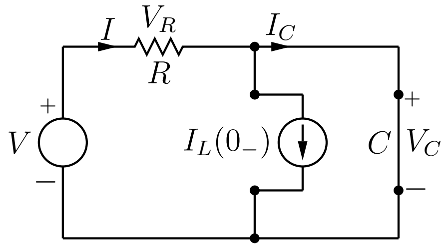
Inicialmente, deve-se obter as condições iniciais e finais de tensão e corrente dos componentes do circuito RLC:

- para $t \leq 0_-$ ($t \to -\infty$):



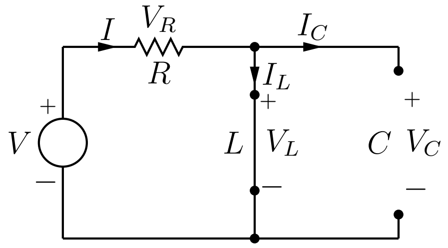
$$V_C(0_-) = 0,$$
$$V_L(0_-) = 0,$$
$$I_C(0_-) = 0,$$
$$I_R(0_-) = I_L(0_-) = -\frac{V}{R}.$$

• para $t = 0_+$ [1]:



$$-V + R\Big[I_C(0_+) + I_L(0_+)\Big] + V_C = 0,$$
$$RI_C(0_+) + RI_L(0_-) = V,$$
$$I_C(0_+) = \frac{V - RI_L(0_-)}{R} = \frac{V + V}{R} = \frac{2V}{R}.$$

• para $t \geq 0\,(t \to +\infty)$:



$$V_C(\infty) = 0,$$
$$V_L(\infty) = 0,$$
$$I_C(\infty) = 0,$$
$$I_R(\infty) = I_L(\infty) = \frac{V}{R}.$$

Determina-se o modelo de resposta forçada; neste caso, constante e igual a V e $-V$, para cada intervalo de tempo igual a T/2. Avalia-se o comportamento do circuito: hipo, hiper ou criticamente amortecido através do calculo de α e ω_0.

Por exemplo, obtendo $I_R(t)$ para um circuito RLC paralelo criticamente amortecido (considerando $0 < t < T/2$):

$$Geral\begin{cases} I_R(t) = \Big[A_1 + A_2\,t\Big]e^{-\alpha t} + I_R(\infty), \\ I_R(0_+) = A_1 + I_R(\infty), \\ I_R'(0_+) = -\alpha A_1 + A_2 \;\; (\alpha = \dfrac{1}{2RC}). \end{cases} \tag{1}$$

Determina-se, então, as constantes A_1 e A_2 da solução complementar, resolvendo o sistema de equações visto na Eq. 2.

$$\begin{cases} -\dfrac{V}{R} = A_1 + \dfrac{V}{R}, \\ 0 = -\dfrac{A_1}{2RC} + A_2. \end{cases} \tag{2}$$

Assim, a corrente $I_R(t)$ é:

$$I_R(t) = \Big[A_1 + A_2\,t\Big]e^{-\alpha t} + \frac{V}{R}. \tag{3}$$

A expressão completa de $I_R(t)$ para $\forall\,t$ é a seguinte:

$$I_R(t) = \begin{cases} \Big[A_1 + A_2\,t\Big]e^{-\alpha t} + \dfrac{V}{R} & : \quad KT \leq t < (2K+1)T/2, \\ -\Big[A_1 + A_2\,t\Big]e^{-\alpha t} - \dfrac{V}{R} & : \quad (2K+1)T/2 \leq t^* \leq (K+1)T, \end{cases} \tag{4}$$

com $K = 0,\, 1,\, 2, \ldots,\, n$ p/ $\forall t$ e $t^* = t - \frac{(2K+1)T}{2}$.

[1] $V_C(0_+) = V_C(0_-) = 0$ e $I_L(0_+) = I_L(0_-) = -V/R$.

Exemplo 1. A Fig. 4 exibe a resposta de $I_R(t)$ de um circuito RLC paralelo a uma onda quadrada considerando $L = 1m$, $C = 1\mu$, $R = 10$, 15 e 50 ($T \cong 30/\omega_0$). Estes gráficos foram gerados com o auxílio do Micro-Cap.

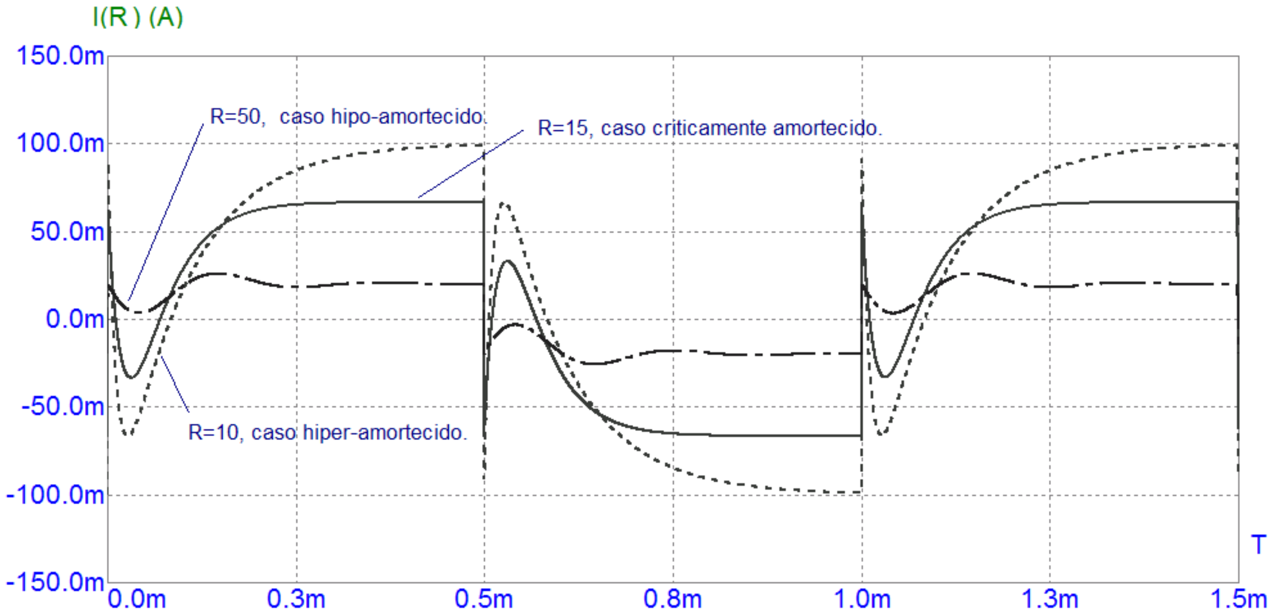


Figura 4: Gráficos de $I_R(t)$.

Observa-se que quanto maior o valor de R, mais oscilatória fica a resposta de $I_R(t)$.